为什么在直流电源中采用远程感测？

航空电子、汽车电子和其他电力电子电路需要对传感电路进行精确校准。例如，汽车电池监测电路的不准确校准可能会过早关闭或允许电池过度放电。不准确的校准最终可能会缩短电动汽车的行驶距离或使电池放电到不安全的水平。

这种类型电路的正确校准要求监测电路的直流可编程电源电压达到应用所需的精度水平。这意味着施加到被测电路上的电压必须是一个处在监测中的已知量。无论直流电源的输出有多精确，你都不能保证它的输出电压就是加在负载上的电压，即被测电路。

问：这是为什么呢？

答：由于电流通过导线而产生的压降使最终加在负载上的电压降低了。即使导线具有非常低的电阻，一个合理大小的负载电流通过较长的导线时仍会产生不可忽略的压降。同时由于相同导线长度的供电回路，因此总压降其实增加了一倍。

为了解决这个问题，电源被设计具有远程感测电路，可以监测负载处的电压并将电压反馈给电源。然后，电源提高其输出以补偿导线上的压降。

向负载供电的现状

让我们看一个具体的情况，当直流可编程电源只使用两根导线确定整个负载的电压，控制电路是监测电源输出端的电压，这被称为本地感测。

图 1 显示了一个直流电源对一个负载施加 48 V 电压，20 A 电流。负载的接线是 12 AWG 铜导线，带有 THWN 绝缘，其最大载流能力为 25 A。导线在室温下的电阻为 0.00162 Ω/ft。在测试架和负载之间有 10 英尺的导线，每根导线上的电压降为 0.324 V，两根导线的总压降为 0.648 V。因此，负载两端的电压不是电源输出的 48 V，而是 48 V - 0.648 V 即 47.352 V。由于导线两端的电压下降，施加电压的误差为 1.35%。对于许多军事 / 航空航天和汽车应用来说，这是一个不可接受的误差。

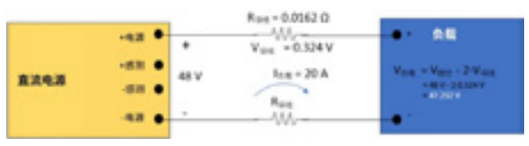


图 1 所示，由于测试导线上产生压降，负载电压低于程序设置电压

远程感测解决方案

让我们再看看图 1 所示的相同负载电路，但现在我们将使用远程感测方案。图 2 给出了电源电路的更多细节，并显示了连接到负载的远程感测输入。远程感测电路是一种高阻抗电压测量电路，用于监测负载处的电压。

高阻抗测量电路从负载中吸取的电流可以忽略不计。它反馈整个负载的电压降，并且电源控制电路使电源输出增加，直到负载处的电压为程序设定的电源电压。图 2 显示了电源直流端的输出电压和负载处的电压。远程感测消除了由测试导线电阻引起的加在负载上的电压误差。

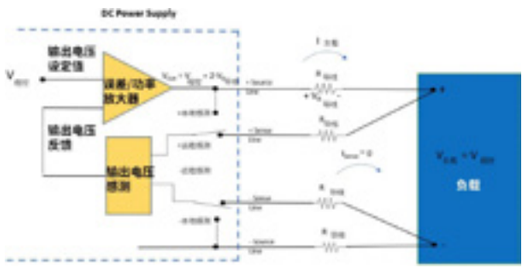


图 2 所示，远程感测线路确保负载处的电压是程序设置电压。

1、对远程感测电路合理布线，使其免受感应和电源负载的影响

如何保护远程感测电路免受感性负载对电源施加反向电动势的影响？感性负载在断电时，将存储的能量以与电源电压相反的极性返回到电路中。同样地，假设电源正在给电池充电，在这种情况下，如果直流电源的电压降到低于电池的电压，电池就会向电源放电。来自电感的反向电动势和来自电池的放电电压都向电源施加能量，将损坏电源。

一对二极管可以保护电源不受外加能量的影响。无论如何，如果使用远程感测的方式使负载获得精确的电压，则需要保护远程感测电路免于这两种类型的负载（电感和电池）的影响。

图 3 提供了一种推荐的远程感测布线方法，该方法可以保护所有电源线路免受施加到直流可编程电源的能量的影响。一个缺点是感测正极引线不再导向负载，不能补偿串联二极管的压降。使用这种配置需要在典型的负载电流下表征串联二极管的压降，并将二极管压降添加到直流电源的输出电压程序设置中。使用这种接线配置和串联表征二极管既保护了电源，又确保负载处的电压为程序设定的电压。

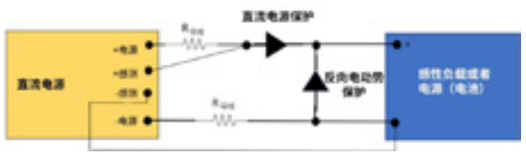


图 3 所示，感性负载或电源性负载的远程感测电路布局

2、如何避免远程感测线路产生电位振荡

电压感测电路采用高输入阻抗电压测量电路。感测导线上的噪声可以产生可检测的扰动，这些扰动被放大并传输到电源控制电路。控制电路上的噪声会在电源输出上引起纹波。如果波动足够大，它们会导致电源产生振荡，可能损坏负载和电源。

为避免这种情况，要使用恰当的布线技术，使尽可能多的噪声远离感测导线。可通过屏蔽导线以防止电磁干扰。此外，使用双绞线来防止磁场在导线的环路区域产生电压。保持感测导线与电源导线分开。这些导线中的直流电流会在感测导线的环路区域产生磁场。图 4 说明了使用感测线时最常见的解决方案。

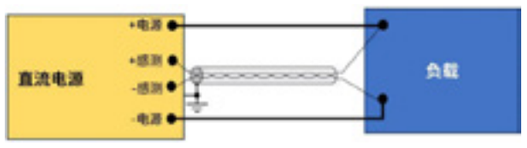


图 4 所示，正确的远程感测电路布线

远程感测保证了对负载施加正确的电压

电压感测电路采用高输入阻抗电压测量电路。感测导线上的噪声可以产生可检测的扰动，这些扰动被放大并传输到电源控制电路。控制电路上的噪声会在电源输出上引起纹波。如果波动足够大，它们会导致电源产生振荡，可能损坏负载和电源。

所有 EA Elektro-Automatik (EA) 直流可编程电源都具有远程感测功能。EA 可编程电源可适应的测试引线的电压降，达到标称输出电压的 5%，优于其他直流电源。

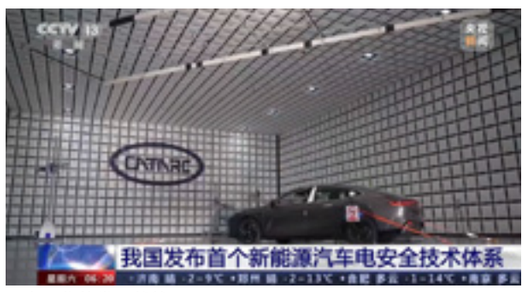
EA Elektro-Automatik 集团是欧洲领先的实验室和工业用功率电子产品制造商。公司总部位于德国北莱茵—威斯特法伦州工业中心，致力于研究、开发和制造实验室电源、工业用大功率电源系统及能量回馈型电子负载等高科技设备，并提供硬件 + 软件的完整解决方案。产品具有广泛的应用场景，如传统动力电池、燃料电池、可再生能源、电动汽车、轨道交通技术、航天技术、自动化测试系统、船舶与海洋工程、工艺和流程控制等。

（本文来源：德国 EA 电源）

PSI 3U 助力电动汽车高压电气平台的发展

不久前，中国汽车技术研究中心发布了国内首个新能源汽车电安全技术验证体系（NESTA）。据了解，新能源汽车电安全技术验证体系，基于消费者典型应用场景，以更严格、更全面的要求，对车辆进行全方位的电安全技术验证，涵盖充电安全、电磁安全、功能安全、高压安全、电池安全、消防安全等六个维度，提供系统客观的车辆电安全信息。

EA 电源凭借其突出的产品性能和稳定的质量表现，为中汽研客户验证新能源汽车的高压安全提供保障，助力新能源汽车全



面高压化的发展趋势。

在电动车的电气系统设计中，通常按照电压高低将电气系统分为高压和低压两部分。其中高压电气系统主要包括电池、电机、电控、高压线束等部件，大部分电动车的高压电气系统的额定电压在 300-500V 之间；而低压电气系统则是传统的仪表、灯光、娱乐系统、车窗等部件，传统为 12V 或 24V 电压。

随着新能源汽车整车和电池技术的快速发展，汽车工业的发展重心已经从过去的娱乐、导航和舒适系统转向电力传动系统和能源管理系统。

当前新能源汽车产业链中充换电部分已经成为新能源汽车发展的短板。在此背景下，新能源汽车 800V 高压平台备受关注。800V 指的就是电动车的高压电气系统的电压达到了 800V, 需要注意的是，“800V” 并不是一个确切的数值，而是一个范围。目前在行业标准和国家标准中，并未完全达成对 800V 技术的共识。

高压电气系统的电压从 300-500V 提高至 “800V” 后，将给电动车带来这些好处：提高充电速度、减少发热；能量的利用率更高，续航更实在；提高电机性能，动力性能更出色；电机更轻，导线可以更细，叠加一些线缆和部件减少，降低成本。

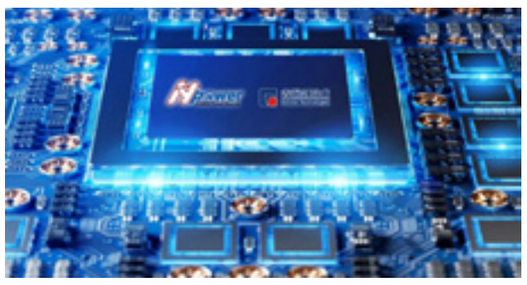
那么，从 300-500V 到 800V，哪些零部件和元器件需要升级？

主机厂应用 800V 平台架构，需要对其核心三电技术以及功率器件的耐压、损耗、抗热的要求更高，包括电机、电控、电池、连接器和线速、滤波系统、继电器等。

这意味着汽车测试工程师必须考虑更高的功率和更高的电压。也许工程师面临的最大挑战是如何跟上不断变化的测试需求，

（接右）▶

大客户案例 | 航裕电源携手青铜剑技术 助力功率器件动态参数高效测试



近年来，航裕电源一直十分关注功率半导体器件的测试需求，并带来多款高性能的可编程高压直流电源，为功率半导体器件测试提供高稳精准的测试供电。近期，航裕电源与青铜剑技术携手合作，带来功率器件动态参数测试系统解决方案。

功率器件动态特性高效测试系统

青铜剑技术是中国功率器件驱动行业的开拓者，公司获批广东省大功率电力电子核心器件与高端装备工程技术研究中心，完成了多项国家、省、市科技计划项目，成功研发中国首款大功率 IGBT 驱动 ASIC 芯片，推出 IGBT 标准驱动核、即插即用型驱动器、成套驱动方案、驱动电源、隔离驱动 IC、驱动芯片组、功率器件动态参数测试系统等。

为了适应碳化硅材料耐高压的特性，青铜剑技术选择采用航裕电源 HY-HV 系列可编程高压直流电源为其 QTJT-D 系列功率器件动态参数测试系统进行测试供电，高压范围 2kV、5kV、10kV、20kV...200kV 可选，全面覆盖 SiC 器件测试需求。

QTJT-D 系列 测试范围：

■ IGBT/SiC 器件的单管、模块、IPM/ 功率模组的动态参数测试

QTJT-D 系列 可测试参数：

■测试电压：10~1700V/10~6500V

■测试电流 (峰值)：20~6000A(10000A,10μs)

■杂散电感 <10nH(需特殊定制 , 仅测试工装杂感)

■门极电阻：手动调整 0~100Ω(可选配自动调整)

■门极电压调节范围负压 :-15V-0V, 正压 :0V~+25V

■门极电压精度：±0.1V

■脉冲信号形式：单 / 双脉冲、多脉冲

■ 脉 冲 信 号 宽 度：0.1μs~1000μs, 分 辨 率 0.02μs, 精 度 ±0.1μs

■ 负 载 电 感 :10μH/50μH.../1000μH,8 档 自 动 可 调，精 度 ±5μH; 可选配置

■远程通讯 :LAN/USB

■温控装置 : 温度控制范围 : 常温 ~200°C , 精度 ±2°C ; 可选配低温测试、温度范围等

■安全防护 : 过流过压保护，防触电漏电保护，高压互锁，快速放电，三色警示灯，急停等

干货分享：SIC 器件动态测试

功率器件中的碳化硅器件具有耐压高、热稳定好、开关损耗低、功率密度高等特点，被广泛应用在电动汽车、风能发电、光伏发电等新能源领域。近年来，全球半导体功率器件的制造环节以较快速度向我国转移。目前 , 我国已经成为全球最重要的半导体功率器件封测基地。

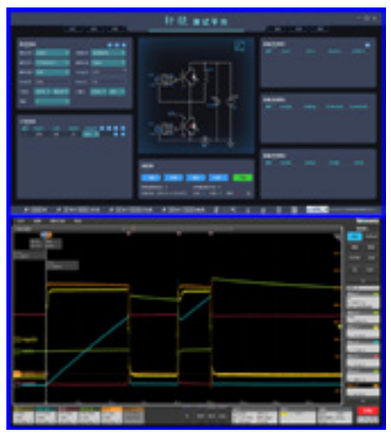
目前常用的碳化硅功率半导体器件开通关断速度都较快，这对栅极可靠性提出了更高的要求。但是由于碳化硅材料的物理特性，导致栅级结构中的栅氧层缺陷数量较多，致使碳化硅器件栅极早期失效率相比硅器件较高，限制了其商业化发展。为提高碳化硅 mosfet 器件栅级工作寿命，需要对碳化硅功率半导体器件进行基于栅极的测试，在将碳化硅功率半导体器件寿命较低的器件筛选出来，提高碳化硅功率半导体器件的使用寿命。

SiC 功率器件的电学性能测试主要包括静态、动态、可靠性、极限能力测试等，其中，动态测试主要是测试 SiC 器件在开通关断过程中的性能。

通常我们希望的功率半导体器件的开关速度尽可能得高、开关过程损耗小。但是在实际应用中，影响开关特性的参数有很多，如续流二极管的反向恢复参数，栅极 / 漏极、栅极 / 源极及漏极 / 源极电容、栅极电荷的存在，所以针对于此类参数的测试，变得尤为重要。开关特性决定装置的开关损耗、功率密度、器件应力以及电磁兼容性。直接影响变换器的性能。因此准确的测量功率半导体器件的开关性能具有极其重要的意义。

航裕电源与青铜剑

航裕电源自 2011 年成立以来，不断打磨电源研发制造技术，深入了解客户需求 , 拥有丰富的功率器件测试服务经验。青铜剑技术深耕功率器件驱动领域十余年，推出的功率器件动态参数测试系统受到客户的广泛认可和肯定。此次双方强强联合，充分发挥各自的优势，实现资源共享和互补，将为广大用户带来更加优质、便捷的电源测试产品和服务，共同开创电力电子领域的新篇章。



HY-HV 系列可编程高压直流电源

HY-HV 系列可编程高压直流电源一直以来备受用户肯定，也是航裕电源的主营产品。近年来，用户对于高压需求的不断提高，航裕电源今年已交付多台 HY-HV 可编程高压直流电源，包括 120kV、170kV 等，拓宽 HY-HV 系列电源的高压范围至 200kV，以满足离子加速、超导试验、高压电容充放电、功率半导体、X 射线系统、激光器、逆变器及高能物理研究等高压测试需求。

（本文来源：航裕电源）

◀（接左）

同时避免每隔几个月就购买新的测试设备。为此，他们需要灵活的测试设备。

PSI 10000 3U 可编程直流电源

PSI 3U 特点：

EA 的大功率直流电源 PSI 11000-40 3U 单机输出电压 1000 V，完美覆盖 800V 高压平台的测试电压要求。并有如下特点：

1、15kW 电源集成在一个 3U 高的机箱内，尺寸紧凑。

2、内置函数发生器，用来模拟真实环境的情况。

3、支持汽车测试标准 LV 123。

4、 快速动态响应时间。

5、具有真正的自动量程功能，输出宽范围电压和电流，适应多种测试要求。

PSI 10000 3U 系列高性能电源，特别适用于大功率工业测试。额定功率高达 15 kW 的型号，可提供大电流或高电压，应用范围广泛。

该系列设备标配有 USB 和 Ethernet 端口，以及电隔离模拟量接口，可实现远程控制。此外，还可通过可选插入式接口模块添加其他数字接口，例如 RS232、Profibus、ProfiNet、ModBus TCP、CAN、CANopen 或 EtherCAT。通过上述端口，设备只需更换或增加一个小模块，即可将这些设备连接到标准工业总线。这种配置非常易于操作。

除此，作为标准配置，设备允许在共享总线操作中进行并联以实现恒流共享，同时，还提供了真正的主从连接，对所有实际值进行汇总。以这种操作模式可将 64 台设备单元组合成一个系统，实现 960kW 大功率的测试系统。

（本文来源：德国 EA 电源）